

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 11110562 A

(43) Date of publication of application: 23.04.99

(51) Int. Cl

G06T 7/00  
G01B 11/02  
G01B 11/24  
G01B 11/26  
G06T 7/60

(21) Application number: 10004223

(22) Date of filing: 12.01.98

(30) Priority: 04.08.97 JP 09208877

(71) Applicant: RICOH CO LTD

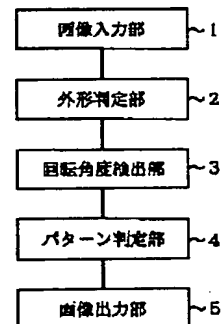
(72) Inventor: YAMAGATA HIDEAKI  
TACHIKAWA MICHİYOSHI  
KURANAGA RYUYA  
HIRANO AKIHIKO

(54) METHOD, DEVICE FOR PATTERN RECOGNITION, AND RECORD MEDIUM, COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To recognize with a small amount of calculation and high accuracy an image of a specified pattern whose external shape is a circle, even when the image exists rotated while being image input.

SOLUTION: A pattern whose external shape is a circle is determined to exist, when edges are detected from plural positions of the inputted image by an external shape judging part 2. Zernike moment is found by calculating a product sum between the pixel value of the image of the judged pattern and the corresponding value in a table, and a rotation angle is detected based on the moment by a rotating angle detecting apt 3. Distance is calculated for each circumference by using a featured value of the pattern image, and the featured value in a dictionary in the vicinity of the detected rotation angle, an evaluation value for each circumference is calculated, based on the minimum distance and the image of the specified pattern whose external shape is a circle is recognized to exist in the inputted image based on the evaluation value by a pattern determining part 4.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-110562

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
G 0 6 T 7/00		G 0 6 F 15/70	3 3 0 M
G 0 1 B 11/02		G 0 1 B 11/02	H
11/24		11/24	F
11/26		11/26	H
G 0 6 T 7/60		G 0 6 F 15/70	3 5 0 H

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平10-4223

(22) 出願日 平成10年(1998) 1月12日

(31) 優先権主張番号 特願平9-208877

(32) 優先日 平9(1997) 8月4日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 山形 秀明

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 立川 道義

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72) 発明者 倉永 竜弥

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(74) 代理人 弁理士 鈴木 誠 (外1名)

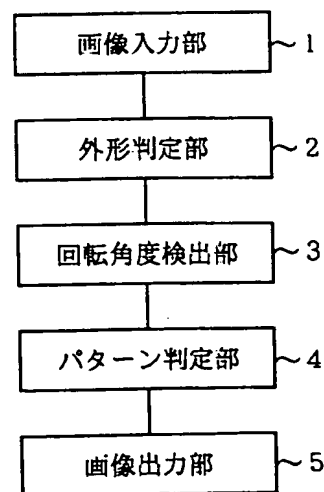
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターン認識方法、装置および記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 外形が円形である特定パターンの画像が、入力画像中で回転して存在している場合でも、少ない計算量で、かつ高精度に認識する。

【解決手段】 外形判定部2は、入力画像の複数の位置からエッジが検出されたとき、外形が円形であるパターンが存在していると判定する。回転角度検出部3は、判定されたパターンの画像の画素値とテーブルの対応する値との積和を計算することによりツェルニケ・モーメントを求め、そのモーメントを基に回転角度を検出する。パターン判定部4は、パターン画像の特徴量と検出された回転角度の近傍の辞書内の特徴量を用いて各円周毎に距離を算出し、最小の距離を基に各円周の評価値を算出し、その評価値を基に入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在していると認識する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在しているか否かを認識するパターン認識方法であって、前記入力画像の複数の位置から画像の中心に向かってエッジの存在を調べ、前記複数の位置からエッジが検出されたとき、前記入力画像中に外形が円形であるパターンが存在していると判定し、前記判定されたパターンの画像のツェルニケ・モーメントを求め、該ツェルニケ・モーメントを基に前記パターン画像の回転角度を検出し、前記パターン画像の中心から複数の同心円上にある画像について、各円周について基点から順番に配列した特徴量を算出し、該円周毎の特徴量と、該円周と同一半径である辞書内の各円周について基点から順番に配列した特徴量との距離、および基点から順次ずらした位置から配列された特徴量との距離を算出するとき、前記検出された回転角度の近傍に相当する、前記辞書内のずらした位置から配列された特徴量を用いて前記各円周毎に距離を算出し、前記各円周毎に算出された距離の内、最小の距離を基に前記各円周の評価値を算出し、該評価値が所定の閾値以上である円周の個数が所定の閾値以上あるとき、前記入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在していると認識することを特徴とするパターン認識方法。

【請求項2】 前記エッジの検出は、前記入力画像を圧縮した画像について行うことを特徴とする請求項1記載のパターン認識方法。

【請求項3】 前記エッジの検出は、前記各位置における白画素から黒画素への変化が所定の変化パターンであるか否かを調べるにより行うことを特徴とする請求項1記載のパターン認識方法。

【請求項4】 前記ツェルニケ・モーメントの大きさが所定の範囲内にあるとき、前記回転角度を算出することを特徴とする請求項1記載のパターン認識方法。

【請求項5】 前記ツェルニケ・モーメントとして、次数、階数が異なる複数のツェルニケ・モーメントを求め、該複数のツェルニケ・モーメントを基に前記パターン画像の複数の回転角度を算出し、該複数の回転角度の内、最も評価値の高い回転角度を、前記パターン画像の回転角度として選択して出力することを特徴とする請求項1記載のパターン認識方法。

【請求項6】 前記複数のツェルニケ・モーメントの大きさが、それぞれ所定の範囲内にあるとき、前記複数の回転角度を算出することを特徴とする請求項5記載のパターン認識方法。

【請求項7】 前記複数の回転角度の差が所定の閾値を超え、前記最も評価値の高い回転角度を選択出力しないことを特徴とする請求項5記載のパターン認識方法。

【請求項8】 前記評価値はツェルニケ・モーメントの大きさと階数を基に算出することを特徴とする請求項5

記載のパターン認識方法。

【請求項9】 前記パターン画像から特徴量を算出するとき、前記各円周の位置および各円周上の位置を記録したテーブルを参照することを特徴とする請求項1記載のパターン認識方法。

【請求項10】 前記各円周の特徴量は、注目位置を含む周囲の黒画素数を所定の閾値で2値化することにより算出することを特徴とする請求項1記載のパターン認識方法。

【請求項11】 前記回転角度の近傍に相当する、前記辞書内のずらした位置は、前記円周の半径に応じて変えることを特徴とする請求項1記載のパターン認識方法。

【請求項12】 前記評価値が所定の閾値以上である円周について、その半径が特定の半径に一致するとき無効円周とし、前記円周の個数に算入しないことを特徴とする請求項1記載のパターン認識方法。

【請求項13】 入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在しているか否かを認識するパターン認識装置であって、前記画像を入力する手段と、該入力画像の複数の位置から画像の中心に向かってエッジの存在を調べ、前記複数の位置からエッジを検出する手段と、該エッジが検出されたとき、前記入力画像中に外形が円形であるパターンが存在していると判定する手段と、前記判定されたパターンの画像のツェルニケ・モーメントを算出する手段と、該ツェルニケ・モーメントを基に前記パターン画像の回転角度を検出する手段と、前記パターン画像の中心から複数の同心円上にある画像について、各円周について基点から順番に配列した特徴量を算出する手段と、該円周毎の特徴量と、該円周と同一半径である辞書内の各円周について基点から順番に配列した特徴量との距離、および基点から順次ずらした位置から配列された特徴量との距離を算出するとき、前記検出された回転角度の近傍に相当する、前記辞書内のずらした位置から配列された特徴量を用いて前記各円周毎に距離を算出する手段と、前記各円周毎に算出された距離の内、最小の距離を基に前記各円周の評価値を算出する手段と、該評価値が所定の閾値以上である円周の個数が所定の閾値以上あるとき、前記入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在していると認識出力する手段とを備えたことを特徴とするパターン認識装置。

【請求項14】 入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在しているか否かを認識する機能をコンピュータに実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記画像を入力する機能と、該入力画像の複数の位置から画像の中心に向かってエッジの存在を調べ、前記複数の位置からエッジを検出する機能と、該エッジが検出されたとき、前記入力画像中に外形が円形であるパターンが存在していると判定する機能と、前記判定されたパターンの

画像のツェルニケ・モーメントを算出する機能と、該ツェルニケ・モーメントを基に前記パターン画像の回転角度を検出する機能と、前記パターン画像の中心から複数の同心円上にある画像について、各円周について基点から順番に配列した特徴量を算出する機能と、該円周毎の特徴量と、該円周と同一半径である辞書内の各円周について基点から順番に配列した特徴量との距離、および基点から順次ずらした位置から配列された特徴量との距離を算出するとき、前記検出された回転角度の近傍に相当する、前記辞書内のずらした位置から配列された特徴量を用いて前記各円周毎に距離を算出する機能と、前記各円周毎に算出された距離の内、最小の距離を基に前記各円周の評価値を算出する機能と、該評価値が所定の閾値以上である円周の個数が所定の閾値以上あるとき、前記入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在していると認識出力する機能をコンピュータに実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、外形が円形である特定パターンの画像が、入力画像中で回転して存在している場合でも高精度に認識することができるパターン認識方法、装置および記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、画像中に存在する特定形状のパターンを認識するための種々の手法が提案され、また実用化されている。一般に画像処理は、大量の画像データをリアルタイムに処理することが要求されていることから、ハードウェア構成が複雑にならざるを得ない。

【0003】また、処理対象画像が回転していたり、拡大／縮小、移動などしている場合には、処理が一層複雑となり、精度よく特定形状のパターンを検出、判定することが難しくなる。

【0004】そこで、本出願人は先に、ツェルニケ・モーメント (Zernike Moment) を用いて画像中の任意の位置にある、任意の角度の、任意の変倍率の特定マークを高精度に検出する方法を提案した (特願平7-301250号)。

【0005】しかし、この方法は、例えば図25のパターンが図26に示すように画像中で回転している場合に、その回転角度の検出を考慮したものではないため、精度の点で不十分であった。

【0006】また、一方で、特定画像の回転角度を検出する方法として、本出願人は先に、カラー画像および白黒画像中から特定画像の回転角度を検出し、検出角度で特定画像を回転させ、辞書と照合することにより特定画像を認識する回転角度検出方法および画像認識方法を提案した (特願平7-80223号)。

【0007】この画像認識方法で回転角度を検出するた

めに、画像領域の中心から複数の同心円を描き、それぞれの円周上のデータを一周分順番に並べることによって特徴量データを作成する。そして、同様に作成された辞書内の特徴量データと、画像領域の特徴量データとのマッチングを行う。このマッチングは、辞書の特徴量データのマッチング開始位置をずらしながら特徴量データの各次元の距離の総和をとり、一番距離が小さいずれ位置を基に回転角度を高精度に検出するものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記した方法では、特徴量の次元数が多くなればなるほど、マッチングのための開始位置をずらす回数が多くなり、演算処理量も多くなるという問題点があった。

【0009】本発明の目的は、外形が円形である特定パターンの画像が、入力画像中で回転して存在している場合でも、少ない計算量で、かつ高精度に認識することができるパターン認識方法、装置および記録媒体を提供することにある。

【0010】

20 【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、請求項1記載の発明では、入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在しているか否かを認識するパターン認識方法であって、前記入力画像の複数の位置から画像の中心に向かってエッジの存在を調べ、前記複数の位置からエッジが検出されたとき、前記入力画像中に外形が円形であるパターンが存在していると判定し、前記判定されたパターンの画像のツェルニケ・モーメントを求め、該ツェルニケ・モーメントを基に前記パターン画像の回転角度を検出し、前記パターン画像の中心から複数の同心円上にある画像について、各円周について基点から順番に配列した特徴量を算出し、該円周毎の特徴量と、該円周と同一半径である辞書内の各円周について基点から順番に配列した特徴量との距離、および基点から順次ずらした位置から配列された特徴量との距離を算出するとき、前記検出された回転角度の近傍に相当する、前記辞書内のずらした位置から配列された特徴量を用いて前記各円周毎に距離を算出し、前記各円周毎に算出された距離の内、最小の距離を基に前記各円周の評価値を算出し、該評価値が所定の閾値以上である円周の個数が所定の閾値以上あるとき、前記入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在していると認識することを特徴としている。

【0011】請求項2記載の発明では、前記エッジの検出は、前記入力画像を圧縮した画像について行うことを特徴としている。

【0012】請求項3記載の発明では、前記エッジの検出は、前記各位置における白画素から黒画素への変化が所定の変化パターンであるか否かを調べることにより行うことを特徴としている。

【0013】請求項4記載の発明では、前記ツェルニケ

・モーメントの大きさが所定の範囲内にあるとき、前記回転角度を算出することを特徴としている。

【0014】請求項5記載の発明では、前記ツェルニケ・モーメントとして、次数、階数が異なる複数のツェルニケ・モーメントを求め、該複数のツェルニケ・モーメントを基に前記パターン画像の複数の回転角度を算出し、該複数の回転角度の内、最も評価値の高い回転角度を、前記パターン画像の回転角度として選択して出力することを特徴としている。

【0015】請求項6記載の発明では、前記複数のツェルニケ・モーメントの大きさが、それぞれ所定の範囲内にあるとき、前記複数の回転角度を算出することを特徴としている。

【0016】請求項7記載の発明では、前記複数の回転角度の差が所定の閾値を超えると、前記最も評価値の高い回転角度を選択出力しないことを特徴としている。

【0017】請求項8記載の発明では、前記評価値はツェルニケ・モーメントの大きさと階数を基に算出することを特徴としている。

【0018】請求項9記載の発明では、前記パターン画像から特徴量を算出するとき、前記各円周の位置および各円周上の位置を記録したテーブルを参照することを特徴としている。

【0019】請求項10記載の発明では、前記各円周の特徴量は、注目位置を含む周囲の黒画素数を所定の閾値で2値化することにより算出することを特徴としている。

【0020】請求項11記載の発明では、前記回転角度の近傍に相当する、前記辞書内のずらした位置は、前記円周の半径に応じて変えることを特徴としている。

【0021】請求項12記載の発明では、前記評価値が所定の閾値以上である円周について、その半径が特定の半径に一致するとき無効円周とし、前記円周の個数に算入しないことを特徴としている。

【0022】請求項13記載の発明では、入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在しているか否かを認識するパターン認識装置であって、前記画像を入力する手段と、該入力画像の複数の位置から画像の中心に向かってエッジの存在を調べ、前記複数の位置からエッジを検出する手段と、該エッジが検出されたとき、前記入力画像中に外形が円形であるパターンが存在していると判定する手段と、前記判定されたパターンの画像のツェルニケ・モーメントを算出する手段と、該ツェルニケ・モーメントを基に前記パターン画像の回転角度を検出する手段と、前記パターン画像の中心から複数の同心円上にある画像について、各円周について基点から順番に配列した特徴量を算出する手段と、該円周毎の特徴量と、該円周と同一半径である辞書内の各円周について基点から順番に配列した特徴量との距離、および基点から順次ずらした位置から配列された特徴量との距離

を算出するとき、前記検出された回転角度の近傍に相当する、前記辞書内のずらした位置から配列された特徴量を用いて前記各円周毎に距離を算出する手段と、前記各円周毎に算出された距離の内、最小の距離を基に前記各円周の評価値を算出する手段と、該評価値が所定の閾値以上である円周の個数が所定の閾値以上あるとき、前記入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在していると認識出力する手段とを備えたことを特徴としている。

10 【0023】請求項14記載の発明では、入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在しているか否かを認識する機能をコンピュータに実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であって、前記画像を入力する機能と、該入力画像の複数の位置から画像の中心に向かってエッジの存在を調べ、前記複数の位置からエッジを検出する機能と、該エッジが検出されたとき、前記入力画像中に外形が円形であるパターンが存在していると判定する機能と、前記判定されたパターンの画像のツェルニケ・モーメントを算出する機能と、該ツェルニケ・モーメントを基に前記パターン画像の回転角度を検出する機能と、前記パターン画像の中心から複数の同心円上にある画像について、各円周について基点から順番に配列した特徴量を算出する機能と、該円周毎の特徴量と、該円周と同一半径である辞書内の各円周について基点から順番に配列した特徴量との距離、および基点から順次ずらした位置から配列された特徴量との距離を算出するとき、前記検出された回転角度の近傍に相当する、前記辞書内のずらした位置から配列された特徴量を用いて前記各円周毎に距離を算出する機能と、前記各円周毎に算出された距離の内、最小の距離を基に前記各円周の評価値を算出する機能と、該評価値が所定の閾値以上である円周の個数が所定の閾値以上あるとき、前記入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在していると認識出力する機能をコンピュータに実現させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体であることを特徴としている。

【0024】

40 【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例を図面を用いて具体的に説明する。

〈実施例1〉図1は、本発明の実施例1の構成を示す。図において、1は認識すべき画像を取り込む画像入力部、2は入力画像の外形が円形パターンであるか否かを判定する外形判定部、3は外形が円形パターンであると判定された画像について、その回転角度を検出する回転角度検出部、4は検出された角度近辺の辞書内の特徴量を用いて距離計算し、各円周を評価することにより特定パターンの画像であるか否かを判定するパターン判定部、5は認識結果を出力する画像出力部である。

50 【0025】まず、外形判定部について説明する。図2

は、外形判定部の構成を示す。図において、21は認識対象画像を入力する画像入力部、22は入力画像を2値化、変倍した認識処理画像を作成する認識処理画像作成部、23は2値圧縮画像メモリ、24はメモリ23の画像をさらに圧縮する圧縮画像作成部、25は圧縮画像メモリ、26はマスク内の圧縮画像からエッジを検出するエッジ検出部、27はエッジ検出を基に円形パターンの存否を判定する円形パターン判定部、28はメモリ3を参照して円形パターンの座標を算出する座標算出部、29は判定結果などを出力する出力部である。

【0026】図3は、外形判定部の処理フローチャートである。まず、スキャナなどの画像入力部21によって処理対象となるカラー画像を入力する（ステップ101）。認識処理画像作成部22は、入力されたカラー画像を2値化し（例えば、カラー画像信号の明度を求め、その明度と所定の閾値とを比較することにより2値化する）、原画像の例えば1/4（200×200dpi）に圧縮、変倍処理を行い、以降の認識処理で使用される画像を作成して、2値圧縮画像メモリ23に格納する（ステップ102）。

【0027】圧縮画像作成部24は、2値圧縮画像メモリ23内の2値圧縮画像をさらに圧縮した画像を作成し、圧縮画像メモリ25に格納する（ステップ103）。ここでは4×4画素中に1画素でも黒画素があれば対応する画素を黒画素とするOR圧縮を行う。この圧縮により画像データ量は1/16（50×50dpi）になり、処理対象の画像データ量が大幅に削減される。この結果、メモリ資源が節約され、処理の高速化が可能となる。

【0028】次いで、エッジ検出部26は、ステップ103で作成された圧縮画像上を、所定サイズのマスクを走査させ、該マスク内の所定位置からマスクの中心に向かってエッジを検出する（ステップ104）。

【0029】マスクサイズは以下の式により算出する。  
マスクサイズ＝（円形パターンの直径／圧縮率）＋枠幅＋余裕

検出対象となる円形パターンの直径が、例えば15mmであるとする、1mm当たりの画素数を16とすると240画素となる。そして、原画像に対する圧縮率は8（1/64）、周囲に白画素が入る枠幅を1画素（両側で2画素）、1画素の余裕をとるとすると、マスクサイズは33画素となる。

【0030】エッジの検出位置は、円形パターンを想定して決める。ここでは16個の位置を設定する。図4は、33×33サイズのマスクと、16個のエッジ検出位置を示す。16個の位置をマスクの中心からの方角で表わすこととし、それぞれのマスク内の相対座標は図5、6のX座標、Y座標の計算式により算出する。図5、6では、33×33サイズのマスクと、35×35サイズのマスクの2例について、16個のX座標、Y座

標を示す。

【0031】エッジ検出は、各検出位置の注目画素から3画素の幅で検出を行い、白画素から黒画素に変化する境界が2箇所以上あった場合に、その位置にエッジがあるものと判定する。図7は、南（下）方向にエッジを検出するパターン例を示す。図の矢印は白から黒に変化するエッジを表わす。各検出位置のエッジ検出パターンは、図5、6に示すように異なる。

【0032】マスクサイズは若干大きめに設定されているので、エッジ検出は注目画素をマスクの内側に数画素シフトすることによって行う。各検出位置によってシフト数は異なるが、そのシフト中に上記したエッジ検出の条件（3画素の幅中に、2画素以上でエッジが検出される）が満たされれば、その検出位置でエッジが検出されたものとする。例えば、図4のエッジ検出位置（東）では、西方向に3画素シフトし、北では南方向に1画素シフトすることによってエッジを検出する。

【0033】そして、円形パターン判定部27は、16個のエッジ検出位置でエッジが検出されたときに、画像中に円形パターンがあるものと判定する（ステップ105、106）。全てのエッジ検出位置からエッジが検出されないときには、圧縮画像の全ての画素を処理したかを調べ（ステップ109）、処理が終了していないときは、マスクの位置を1画素ずらして（ステップ110）、ステップ104に進み、そのマスク内で前述したと同様にしてエッジを検出する。マスクを移動させ、全ての画素を処理しても、16個のエッジ検出位置でエッジが検出されないときは、円形パターン判定部27は円形パターンなしと判定する（ステップ111）。

【0034】次いで、座標算出部28は、認識処理画像（2値圧縮画像メモリ23）上における円形パターンの座標を得るために、圧縮画像25で算出された座標の補正を行なう（ステップ107）。これは、マスクサイズが若干大きめに設定されていること、圧縮画像25がOR圧縮されていることなどにより、単純に圧縮率を掛けた座標では誤差が出るからである。

【0035】補正方法は、認識処理画像（2値圧縮画像メモリ23）を参照し、圧縮画像25の東西南北の4つの位置でエッジ検出を行なった画素に相当する画素について、外側から内側に黒画素を検出し、初めて黒画素が検出された座標を、認識処理画像上での外接矩形の座標とする。つまり、円形パターンの外接矩形の始点Y座標（北位置）、終点Y座標（南位置）、始点X座標（西位置）、終点X座標（東位置）を求める。

【0036】具体的な例として、南の位置からの外接矩形の終点Y座標を求める方法を説明する。南の位置では、図6に示すように、3画素幅で内側に3画素シフトしてエッジを検出している。ここでエッジが検出されるということは、図8の斜線部の9画素に、必ず黒画素があることを意味する。

【0037】認識処理画像においては、この9画素に相当する画素は、圧縮率が1/16であるから144画素となる。図9に示すように、この144画素について、外側（9画素で構成されるエッジ検出位置）から内側に1ライン（12画素）ずつ黒画素を検出し、初めて1画素でも黒画素が検出されたラインの座標を外接矩形の終点Y座標とする。

【0038】上記したと同様の処理を西（東方向に最初の黒画素を探索）、北（南方向に最初の黒画素を探索）、東（西方向に最初の黒画素を探索）についても行ない、それぞれの位置から外接矩形の始点X座標、始点Y座標、終点X座標を算出する。ただし、西、北に関しては、シフト量が1のため、認識処理画像上での黒画素検出の画素数は4行（列）、計48画素となる。

【0039】上記したようにして円形パターンの外接矩形の始点X、Y座標、終点X、Y座標が求められる。そして、4点の座標位置から円形パターンの中心位置を求め、判定された円形パターンの画像とその中心座標位置\*

\*を出力部29に出力して処理が終了する（ステップ108）。この円形パターンの画像とその中心座標位置は、出力部29を介して回転角度検出部3に渡される。

【0040】次に回転角度検出部を説明する。回転角度の検出のために、前述したツェルニケ・モーメント（Zernike Moment）を用いているので、ツェルニケ・モーメントの概略をまず説明する。

【0041】このツェルニケ・モーメントは、論文（W hoi-Yul Kim and Po Yuan, " A Practicla Pattern Recognition System for Translation, Scale and Rotation Invariance, " Proc. CVPR' 94, p. 391-396, June 1994）に詳述されているように、次の式によって定義される。

【0042】

【数1】

$$R_{nm}(\rho) = \sum_{s=0}^{n-|m|/2} (-1)^s \frac{(n-s)!}{s! \left(\frac{n+|m|}{2} - s\right)! \left(\frac{n-|m|}{2} - s\right)!} \rho^{n-2s} \quad (1)$$

【0043】

※ ※ 【数2】

$$Re_{(Anm)} = \frac{n+1}{\pi} \int_{x^2+y^2 \leq 1} f(x,y) R_{nm}(\rho) \cos m\theta dx dy \quad (2)$$

【0044】

★ ★ 【数3】

$$Im_{(Anm)} = -\frac{n+1}{\pi} \int_{x^2+y^2 \leq 1} f(x,y) R_{nm}(\rho) \sin m\theta dx dy \quad (3)$$

【0045】上記式（1）ないし（3）において、nはツェルニケ・モーメントの次数、mは階数である。mの絶対値はn以下でなければならない。かつ、nとmの絶対値との差は偶数でなければならない。

【0046】上記式（1）の $R_{nm}(\rho)$ はラジアル多項式と呼ばれ、階数、次数と中心からの距離より算出される値である。上記式（2）の $Re_{(Anm)}$ がツェルニケ・モーメントの実数部であり、上記式（3）の $Im_{(Anm)}$ がツェルニケ・モーメントの虚数部である。ツェルニケ・モーメントの大きさ

$$Re_{(Anm)}^2 + Im_{(Anm)}^2$$

は、画像の回転に不変な値であるため、特定マークf(x,y)の検出に利用することができる。この際、x、y ☆40

☆の値は特定マークの大きさに応じて正規化する必要がある。すなわち、特定マークの中心から一番遠い点までの距離が1となるように、座標系を拡大/縮小して用いる。

【0047】実際にツェルニケ・モーメントを算出するために、マーク候補領域が切り出される都度、上記式（2）、（3）の演算を実行したのでは、多くの処理時間を必要とするので、実用的でない。そこで、予め特定マークの大きさに応じた、次の式（4）、（5）で計算される値のテーブル（ラジアル多項式テーブル）を作成しておく。

【0048】

【数4】

$$ReT_{(Anm)}(x,y) = \frac{n+1}{\pi} R_{nm}(\rho) \cos m\theta \quad (4)$$

【0049】

◆ ◆ 【数5】

$$ImT_{(Anm)}(x,y) = -\frac{n+1}{\pi} R_{nm}(\rho) \sin m\theta \quad (5)$$

【0050】このラジアル多項式テーブルを利用すれば、各画素値とラジアル多項式テーブルの値との積和をとることでツェルニケ・モーメントを算出できる。つまり、上記式（2）、（3）に代えて、次の式（6）、

（7）によりツェルニケ・モーメントが算出されることになり、処理が高速化される。

【0051】

【数6】

$$Re_{(Anm)} = \int_{x^2+y^2 \leq 1} f_{(x,y)} ReT_{(Anm)}(x,y) dx dy \quad (6)$$

【0052】

\* \* 【数7】

$$Im_{(Anm)} = \int_{x^2+y^2 \leq 1} f_{(x,y)} ImT_{(Anm)}(x,y) dx dy \quad (7)$$

【0053】図10は、回転角度検出部の構成を示す。図において、31は図1の外形判定部2から、外形が円形であるパターン画像が入力される画像バッファ部、32は円形パターンの画像とツェルニケ多項式テーブルとの積和演算を行う積和演算部、33はツェルニケ多項式テーブル、34はツェルニケ・モーメント(ZM)の大きさを算出するツェルニケ・モーメント算出部、35は算出されたツェルニケ・モーメント(ZM)の大きさを判定するツェルニケ・モーメント判定部、36は円形パターンの標準的なツェルニケ・モーメントなどを格納した辞書、37はツェルニケ・モーメントの大きさと階数を基に評価値を算出する評価値算出部、38はツェルニケ・モーメントから画像の回転角度を算出する回転角度算出部、39は評価値が最も高い回転角度を選択する回転角度選択部、40は回転角度の差を判定する角度差判定部、41は選択部39で選択され、角度差の条件を満たす回転角度を出力する回転角度出力部である。

【0054】図11は、回転角度検出部の処理フローチャートである。画像バッファ部31には、外形判定部2で判定された、外形が円形であるパターン(例えば、図25、26)が格納される。また、その中心も外形判定部2から与えられる(ステップ301)。

【0055】積和演算部32は、円形パターン画像の中心座標と、ツェルニケ多項式テーブル33の中心との位置合わせを行う(ステップ302)。位置合わせ後に、円形パターン画像の各画素値と上記テーブルの対応する値との積和計算を行い、ツェルニケ・モーメント(以下、ZM)を算出する(ステップ303)。上記した例では位置合わせとして中心を用いたが、重心を用いてもよい。

【0056】ここでは、円形パターン画像と、予め用意された3種類のツェルニケ多項式テーブル(以下、ZPT)3との積和計算を行う。図12、13、14は、ZPTの例を示す。これらの図では、白画素が-63、黒画素が63の値を示す(中間調のグレー(周辺の色の部分)が0の値を示している)。また、円の中心がZPTの中心座標(0, 0)、X軸は右側に正、Y軸は上側に正とする。

【0057】図12は、3次1階のZPTを示す。

(a)はその実数部であり、(b)は $\pi/2$ の回転関係にある虚数部である。なお、階は、円周上の周期数を表わし、1階は周期数が1(白から黒)であるので、以下周期1のZPTという。

【0058】図13は、4次2階のZPT(周期数が2、以下周期2のZPT)を示し、(a)はその実数部であり、(b)は $\pi/4$ の回転関係にある虚数部である。

【0059】図14は、6次4階のZPT(周期数が4、以下周期4のZPT)を示し、(a)はその実数部であり、(b)は $\pi/8$ の回転関係にある虚数部である。

【0060】図15は、ZPT(ここでは、実数部用テーブル)51と画像52の対応画素値とが掛け合わされることにより、ZMの実数部53が得られる例を示す。

【0061】すなわち、入力画像は2値画像であるので、入力画像の黒画素に対応するZPTの画素値の総和を算出する。上記したように、本実施例のZPTは、周期1、2、4の3種類のテーブルで構成されているので、総和の処理は、

周期数1の実数部ZPT、周期数1の虚数部ZPT  
周期数2の実数部ZPT、周期数2の虚数部ZPT  
周期数4の実数部ZPT、周期数4の虚数部ZPT  
のそれぞれについて行い、全部で6個のZMが算出される(ステップ303、304)。なお、上記した例では周期1、2、4を順番に処理したが、これらを並列に処理することも可能である。また、周期数は上記したものに限定されず、他の周期数を用いてもよい。さらに、上記した例は2値画像の例であるが、多値画像でも同様に処理することができる。

【0062】以後、周期数1のZPTから求められた実数部ZMをZmr1、周期数1のZPTから求められた虚数部ZMをZmi1、周期数2のZPTから求められた実数部ZMをZmr2、周期数2のZPTから求められた虚数部ZMをZmi2、周期数4のZPTから求められた実数部ZMをZmr4、周期数4のZPTから求められた虚数部ZMをZmi4、と表わす。

【0063】ZM算出部34は、各周期について以下の式で定義されるZMの大きさを算出する(ステップ305)。それぞれのZMの大きさは回転不変な値である。

【0064】周期数1のZPTから求められたZMの大きさZmag1 = [Zmr1]<sup>2</sup> + [Zmi1]<sup>2</sup>  
周期数2のZPTから求められたZMの大きさZmag2 = [Zmr2]<sup>2</sup> + [Zmi2]<sup>2</sup>  
周期数4のZPTから求められたZMの大きさZmag4 = [Zmr4]<sup>2</sup> + [Zmi4]<sup>2</sup>

50 次いで、ZM判定部35は、辞書36に登録されている



円形パターンのZMの大きさと照合することにより、ZMの大きさの妥当性を判定する。

【0065】すなわち、所定の閾値を $Th1$ 、 $Th2$ としたとき、周期1の $Zmag1$ が

$$Th2 < Zmag1 < Th1$$

であるか否かを調べ（ステップ306）、周期2についても同様に、所定の閾値を $Th3$ 、 $Th4$ としたとき、周期2の $Zmag2$ が

$$Th4 < Zmag2 < Th3$$

であるか否かを調べ（ステップ307）、周期4についても同様に、所定の閾値を $Th5$ 、 $Th6$ としたとき、周期4の $Zmag4$ が

$$Th6 < Zmag4 < Th5$$

であるか否かを調べ（ステップ308）、 $Zmag1$ 、 $Zmag2$ 、 $Zmag4$ の全てが上記した条件を満たすときのみ、以降の処理を実行し、そうでないときは処理を終了する。

【0066】次いで、評価値算出部37は、各周期の評価値を算出する（ステップ309）。ここで、評価値は、（ZMの大きさ）×周期数（階数）で表わす。例えば、周期1の評価値は $Zmag1 \times$ 周期数（階数=1）となる。

【0067】回転角度算出部38は、周期1の実数部 $Zmr1$ （または虚数部 $Zmi1$ ）から回転角度 $\theta1$ を算出し、周期2の実数部 $Zmr2$ （または虚数部 $Zmi2$ ）から回転角度 $\theta2$ を算出し、周期4の実数部 $Zmr4$ （または虚数部 $Zmi4$ ）から回転角度 $\theta4$ を算出する（ステップ310）。

【0068】以下に、各周期（階数）における回転角度の算出について説明する。周期1（階数1）における回転角度の算出；周期が1の場合には、入力画像から算出されたツェルニケ・モーメントを基に $0 \sim 2\pi$ の間で一意的に回転角度が求められる（入力画像が円周方向に周期性がある場合には、入力画像の周期数分の回転角度が求まることになるが、回転角度算出後の処理においては何れの回転角度を用いても、回転角度に基づいて画像を補正した場合に同じ画像が得られる）。

【0069】精度良く回転角度を算出するために、周期1の実数部 $Zmr1$ 、または虚数部 $Zmi1$ の内、絶対値の小さい方（回転角度の変化に対する、実数部 $Zmr1$ の変化率、虚数部 $Zmi1$ の変化率の大きい方）を用いて算出する。そして、回転角度を算出する際には、回転角度とツェルニケ・モーメントの関係を用いる。

【0070】図16は、回転角度とツェルニケ・モーメントの関係を示す図であり、（a）は3次1階、（b）は4次2階、（c）は6次4階の場合の両者の関係を示す。横軸の回転角度は1周（ $2\pi$ ）を296に量子化したものであり、縦軸はツェルニケ・モーメントの実数部である（図示しないツェルニケ・モーメントの虚数部は、実数部に対して $\pi/2$ だけ位相がずれている）。こ

の図は、例えば360度を360等分し、辞書作成画像を1度ずつ回転させたとき（1度、2度、3度...360度）のZMの実数部を計算した値を収集（テーブル化）することによって得られる。従って、ある入力画像とZPTとの積和から求められた実数部を用いてテーブルを参照することにより、入力画像の回転角度が求められる。

【0071】なお、回転角度の算出方法としては、この他に $\tan \phi = \text{ZMの虚数部} / \text{ZMの実数部}$ であるので、 $\phi = \arctan (\text{ZMの虚数部} / \text{ZMの実数部})$ 、 $\phi = \arcsin (\text{ZMの虚数部} / \text{ZMの大きさ})$ などで求めてもよい。

【0072】具体的な手順を次に示す。

（1）入力画像からツェルニケ・モーメント（実数部 $Zmr1$ 、虚数部 $Zmi1$ ）を算出する。

（2）実数部 $Zmr1$ 、虚数部 $Zmi1$ の内、絶対値の小さいツェルニケ・モーメントを選択する。

（3）選択されたツェルニケ・モーメントが、各回転角度毎のツェルニケ・モーメントの中で最も値の近いデータを検出し、そのときの回転角度を入力画像の回転角度とする。例えば（a）において、選択されたツェルニケ・モーメントの実数部に最も近い値が $Re1$ であるとき、回転角度は $\theta1$ となる。

【0073】周期2（階数2）における回転角度の算出；周期が2の場合には、入力画像から算出されたツェルニケ・モーメントを基に $0 \sim 2\pi$ の間で2つの回転角度の候補が求まる。2つの内、1つは正しい回転角度であるが、もつ1つはツェルニケ・モーメントの周期性から現われるもので、正しく画像の回転角度を表わしているものではない。

【0074】従って、回転角度を算出する処理は、 $0 \sim \pi$ の間で前述した周期1の場合と同様に行う。 $0 \sim \pi$ の間で算出された回転角度と、それに $\pi$ を加えた角度が周期2における回転角度の候補となる。

【0075】入力画像が特定パターンであって誤差がない場合には、周期1で算出した回転角度と周期2で算出した回転角度は等しくなる。ここでは誤差は小さい（ $\pi/2$ 未満）ものとして周期2で得られる2つの回転角度の候補の内、周期1の回転角度に近い方を周期2の回転角度とする。図16（b）の例では、 $\theta1$ に近い $\theta2$ が周期2における回転角度となる。

【0076】周期4（階数4）における回転角度の算出；周期2の場合と同様にして、周期が4の場合には $0 \sim 2\pi$ の間で4つの回転角度の候補が求まる。周期4では $0 \sim \pi/2$ の間で前述した周期1の場合と同様にして回転角度を求め、この回転角度およびこの回転角度に $\pi/2$ 、 $\pi$ 、 $3\pi/2$ を加えた角度を4つの回転角度の候補とする。

【0077】4つの回転角度の候補から回転角度を選択する場合には、やはり誤差が相対的に小さいものとして

周期1あるいは周期2の回転角度を参照して周期4の回転角度を求める。

【0078】参照する回転角度を(周期1の回転角度、周期2の回転角度から1つに)定めるために、上記した評価値を用いる。周期1に対する評価値が周期2に対する評価値よりも大きい場合には、周期4で得られる4つの回転角度の内、周期1の回転角度に最も近いものを周期4の回転角度とする。同様に、周期2に対する評価値が周期1に対する評価値よりも大きい場合には、周期2の回転角度に最も近いものを周期4の回転角度とする。このようにして算出された各周期1、2、4の回転角度を $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 4$ とする。

【0079】続いて、回転角度選択部39は、ステップ309で算出された3個の評価値の内、最も大きな評価値をとる回転角度を選択する(ステップ311)。

【0080】そして、角度差判定部40は、上記した回転角度 $\theta 1$ と $\theta 2$ との差を $\theta a$ とし、 $\theta 2$ と $\theta 4$ との差を $\theta b$ とし、 $\theta 1$ と $\theta 4$ との差を $\theta c$ としたとき、 $\theta a + 2\theta b + 2\theta c < Th$ (所定の閾値)

を満たすかを判定し(ステップ312)、上記条件を満たすとき、回転角度出力部41はステップ311で選択された回転角度を出力し(ステップ313)、そうでないとき処理を終了する。

【0081】図17は、パターン判定部の構成を示す。図において、61は画像バッファ部、62は入力画像の円周上の特徴量を算出する特徴量算出部、63は各円周の位置を記録した円周テーブル、64は円周上の特徴量位置を記録した順序テーブル、65は算出された特徴量を格納する特徴量メモリ、66は辞書内の特徴とメモリ内の特徴との距離を計算する距離計算部、67は特定パターン画像の円周特徴量を登録した円周辞書、68は円周の評価値などを基に入力画像が特定パターン画像であるかを判定する判定部である。

【0082】図18は、パターン判定部の処理フローチャートである。画像バッファ部61には、外形判定部2によって判定された、外形が円形であるパターン画像(2値画像)が入力され、また、回転角度検出部3によって検出された、そのパターン画像の回転角度も取得されている(ステップ401)。

【0083】特徴量算出部62は、2値画像であるパターン画像の特徴量を算出するために、パターン画像の中心と円周テーブル63および順序テーブル64の中心の位置を合わせる(ステップ402)。図19は、円周テーブルの例を示す。このテーブルは、中心位置(X印)から同心円上にある画素位置を記録したテーブルであり、ここで0から4の計5個の同心円上の画素位置が示されている。そして、この円周番号が後述する特徴量メモリの行アドレスとなる。

【0084】図20は、順序テーブルの例を示す。このテーブル64は、円周テーブル63の円周数と同じ数の

円周からなり、テーブル64の各円周は円周テーブル63の各円周に対応している。そして、各円周の画素位置にある数値(0から15、0から31など)が、後述する特徴量メモリの列アドレスとなる。

【0085】上記した位置合わせを行った後、特徴量算出部62は、円周テーブル63および順序テーブル64を参照しながらパターン画像の特徴量を算出する。図21は、特徴量の算出例を説明する図である。パターン画像の各画素を主走査方向および副走査方向に走査しながら、各画素が特徴量を算出する画素であるかを調べる(ステップ403)。いま、注目画素まで処理が進んだとする。この注目画素の位置に対応する円周テーブル63の位置を参照すると、円周番号5が記録されているので、特徴を算出すべき画素位置となる。

【0086】特徴量の算出は、特徴量算出画素とその8近傍の画素(つまり、注目画素を中心とした $3 \times 3$ 画素)の計9画素の内、黒画素がいくつあるかを調べる。さらに、処理の高速化と特徴量メモリのサイズを小さくするために、この黒画素数を次のように1ビットのデータにする。つまり、黒画素数が0~4画素の場合、特徴量を0とし、黒画素数が5~9画素の場合、特徴量を1とする。

【0087】図21の例では、黒画素数が4個であるので、注目画素の特徴量は0となる。注目画素位置に対応する各テーブルの同じ位置を参照すると、円周テーブル63の位置は5、順序テーブル64の位置は10であるので、これら円周テーブルの行アドレスと順序テーブルの列アドレスで指定される特徴量メモリ65のアドレス位置(5, 10)に上記した特徴量0を書き込み、次の画素位置に処理を移す(ステップ405)。注目画素の右隣の画素は、円周テーブルに円周番号が記録されておらず、特徴を算出すべき画素位置でないので、画素位置を次の位置に移し(ステップ404)、以下同様の処理を全ての画素について行う(ステップ406)。

【0088】次いで、距離計算部66は、特徴量メモリ65内に格納されたパターン画像の各円周の特徴量と、円周辞書67の対応する円周の特徴量との差分の合計(市街地距離)を算出する(ステップ407)。この円周辞書67には、予め特定パターン画像から求めた円周の特徴量が登録されている。

【0089】図22は、市街地距離の算出を説明する図である。この図では、前掲した出願と同様に、ある円周の辞書データ(特徴量)と、パターン画像のデータ(候補データ)との差分を、辞書の距離計算開始画素を1つずらしながら計算する。ずらし位置0は、辞書の距離計算開始の位置であり、ずらし位置1は、辞書の開始位置を1画素ずらした位置である。以下、同様であり、各ずらした位置について距離計算を行い、最も小さい距離を、その円周の距離とする。このような処理を全ての円周について行う。

【0090】前述したように、上記した処理では計算量が多くなることから、本実施例では、回転角度検出部3によって検出されている回転角度の近辺でのみ距離計算を行い、円周の全面素分ずらして計算する場合に比べて、計算量を大幅に減らしている。図22において、例えば検出された回転角度が30度であるとき、30度に相当する、ずらし位置が位置4であるとする、ずらし位置4を中心として、例えば、ずらし位置2、3、4、5、6の計5個の距離計算を行って、その内の最小の距離を、その円周の距離とする。

【0091】図23は、16個の円周における距離計算画素数の一例を示す。例えば、円周番号7の円周では、計算画素数は9個となる。つまり、ある回転角度が与えられたとき、その角度に相当するずらし位置から、半時計方向に4つのずらし位置における距離と、時計方向に4つのずらし位置における距離、合計9個のずらし位置の距離を計算することを表わしている。

【0092】本実施例では、上記したように距離計算しているので、回転角度の検出精度は±9度に収まり、従来の距離計算の5%程度の計算量になった。

【0093】各円周（例えば16個の円周）について、最小の距離が判定部68に与えられて、円周の評価値が算出される（ステップ408）。すなわち、各円周から算出された距離を基に、以下の式によって各円周の評価値を算出する。

【0094】

円周評価値 =  $(1 - (\text{距離} / \text{円周の画素数})) \times 100$   
評価値が所定の閾値Th1以上であるか否かを判定し

（ステップ409）、所定の閾値に満たない円周を除く

（ステップ411）。次いで、評価値が所定の閾値以上

であると判定された円周（以下、評価円周という）について、無効円周であるか否かを調べる（ステップ410）。これは、それぞれのパターン画像について、統計的にみて円周評価値が低い円周を無効円周とするもので、これにより正解画像の評価値を向上させることができる。例えば、ある特定パターンの画像では、円周番号13、14、15を無効円周とし、他の特定パターンの画像では、円周番号10を無効円周とする。

【0095】続いて、

評価円周数 - 無効円周数 = 抽出円周数

全円周数（16個） - 無効円周数 = 有効円周数

を算出し（ステップ412）、（抽出円周数 / 有効円周数）が所定の閾値Th2以上であるか否かを判定し（ステップ413）、所定の閾値Th2以上のとき、外形が円形である特定パターン画像であると判定し（ステップ414）、そうでないとき特定パターン画像でないと判定し（ステップ415）、その判定結果を画像出力部5に出力する。

【0096】〈実施例2〉本発明は上記した実施例に限定されず、ソフトウェアによっても実現することができ

る。本発明をソフトウェアによって実現する場合には、図24に示すように、CPU、メモリ、表示装置、ハードディスク、キーボード、CD-ROMドライブ、スキャナなどからなるコンピュータシステムを用意し、CD-ROMなどのコンピュータ読み取り可能な記録媒体には、本発明の外形判定、回転角度の検出、パターン判定機能を実現するプログラムが記録されている。また、スキャナなどの画像入力手段から入力された画像は一時的にハードディスクなどに格納される。そして、該プログラムが起動されると、一時保存された画像データが読み込まれて、入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在しているか否かの認識処理を実行し、その認識結果をディスプレイなどに出力する。

【0097】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、入力画像の複数の位置からエッジを検出することにより外形が円形であるパターンの存在を判定してから、該パターンの回転角度を検出し、検出された回転角度近辺に相当する辞書内の特徴量とのみ距離計算を行っているため、少ない計算量で、かつ高精度に画像中に存在する、外形が円形である特定パターンの画像を認識することができる。

【0098】また、次数、階数の異なる複数のツェルニケ多項式テーブルを用いて、入力パターン画像のツェルニケ・モーメントを求め、該ツェルニケ・モーメントを基に画像の回転角度を算出しているので、高速処理が可能であり、精度よく回転角度を求めることができ、また、評価値の高い回転角度であっても、回転角度差が所定の条件を満たさないときは処理を打ち切っているため、より高精度に回転角度を検出することができる。

【0099】さらに、パターン画像から特徴量を算出する際に、周囲の画素情報を参照しながら特徴を圧縮しているので、メモリ容量が少なく済み、高速処理が可能となる。そして、評価値が所定の閾値以上である円周の個数が所定の閾値以上あるとき、入力画像中に、外形が円形である特定パターンの画像が存在していると認識することに加えて、評価値を満たす円周であっても、特定半径の円周を無効半径として除いているため、高精度に特定パターン画像を認識することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の構成を示す。

【図2】外形判定部の構成を示す。

【図3】外形判定部の処理フローチャートを示す。

【図4】33×33サイズのマスクと、16個のエッジ検出位置を示す。

【図5】33×33サイズのマスクと、35×35サイズのマスクの2例について、8個のエッジ検出位置のX座標、Y座標を示す。

【図6】33×33サイズのマスクと、35×35サイズのマスクの2例について、残りの8個のエッジ検出位

置のX座標、Y座標を示す。

【図7】エッジ検出のパターン例を示す。

【図8】圧縮画像上でのエッジ検出画素を示す。

【図9】認識処理画像上で最初の黒画素の検出を説明する図である。

【図10】回転角度検出部の構成を示す。

【図11】回転角度検出部の処理フローチャートを示す。

【図12】(a)、(b)は3次1階のZPTを示す。

【図13】(a)、(b)は4次2階のZPTを示す。 10

【図14】(a)、(b)は6次4階のZPTを示す。

【図15】ZPTと画像の対応画素値とが掛け合わされることにより、ZMが得られる例を示す。

【図16】回転角度とツェルニケ・モーメントの関係を示す図である。

【図17】パターン判定部の構成を示す。

【図18】パターン判定部の処理フローチャートを示す。

【図19】円周テーブルの例を示す。

【図20】順序テーブルの例を示す。 20

【図21】特徴量の算出例を説明する図である。

【図22】市街地距離の算出を説明する図である。

【図23】16個の円周における距離計算画素数の一例を示す。

【図24】本発明の実施例2の構成を示す。

【図25】外形が円形であるパターン例を示す。

【図26】図25のパターンが回転している例を示す。

【符号の説明】

1 画像入力部

2 外形判定部

3 回転角度検出部

4 パターン判定部

5 画像出力部

22 認識処理画像作成部

23 2値圧縮画像メモリ

24 圧縮画像作成部

25 圧縮画像メモリ

26 エッジ検出部

27 円形パターン判定部

28 座標算出部

29 出力部

31 画像バッファ部

32 積和演算部

33 ZPT

34 ZM演算部

35 ZM判定部

36 辞書

37 評価値算出部

38 回転角度算出部

20 39 回転角度選択部

40 角度差判定部

41 回転角度出力部

62 特徴量算出部

63 円周テーブル

64 順序テーブル

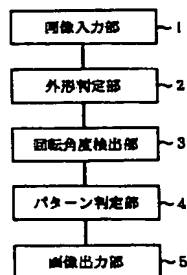
65 特徴量メモリ

66 距離計算部

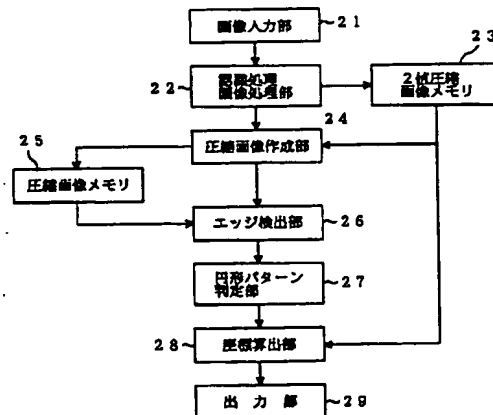
67 円周辞書

68 判定部

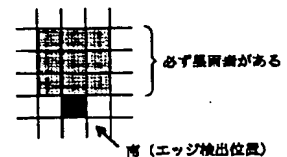
【図1】



【図2】



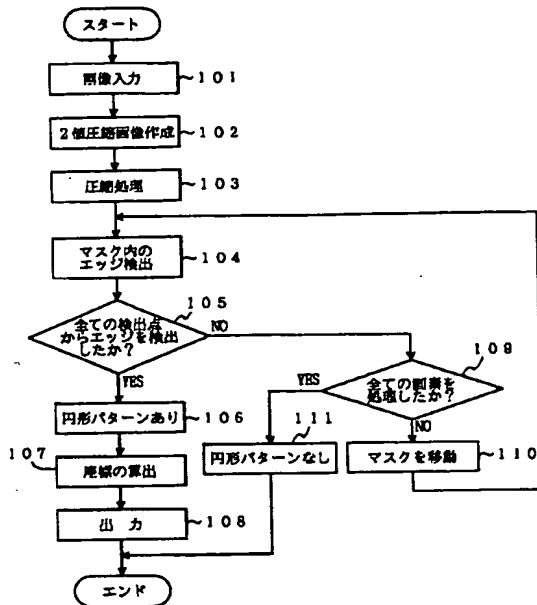
【図8】



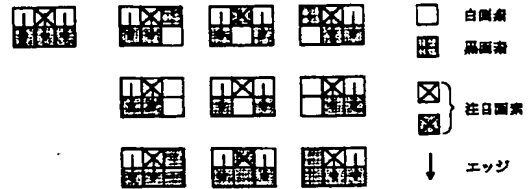
【図25】



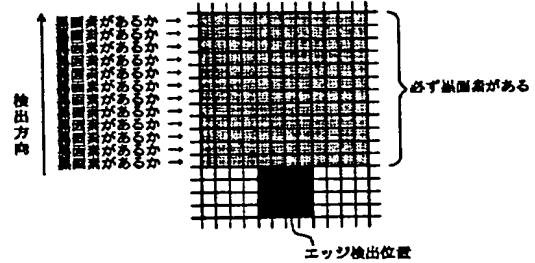
【図3】



【図7】



【図9】



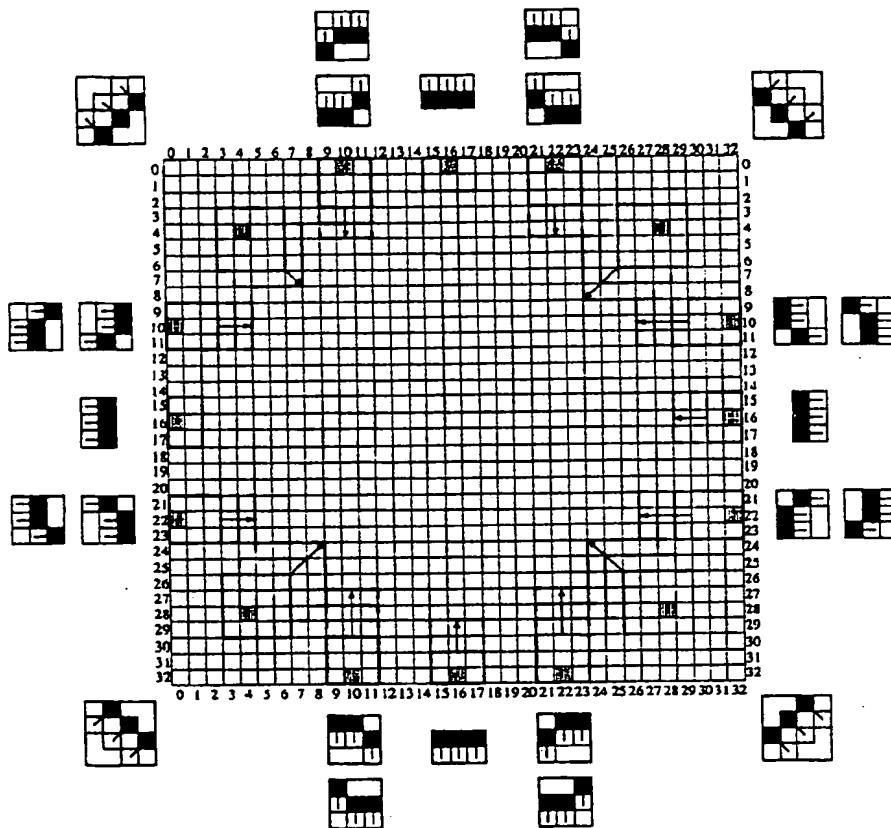
【図5】

位置	X座標			Y座標			パターン	方向	斜率
	計算式	33	35	計算式	33	35			
東	$r + r \cos 0.0^\circ$	32	34	$r - r \sin 0.0^\circ$	16	17		西 ←	3
東北東	$r + r \cos 22.5^\circ + 1$	32	34	$r - r \sin 22.5^\circ$	16	18		西 ←	4
北東	$r + r \cos 45.0^\circ + 1$	28	30	$r - r \sin 22.5^\circ - 1$	4	4		南西 ↙	3
北北東	$r + r \cos 67.5^\circ$	22	24	$r - r \sin 67.5^\circ - 1$	0	0		南 ↓	3
北	$r + r \cos 90.0^\circ$	16	17	$r - r \sin 90.0^\circ$	0	0		南 ↓	1
北北西	$r + r \cos 112.5^\circ$	10	10	$r - r \sin 112.5^\circ - 1$	0	0		南 ↓	3
北西	$r + r \cos 135.0^\circ - 1$	4	4	$r - r \sin 135.0^\circ - 1$	4	4		南東 ↘	2
西北西	$r + r \cos 157.5^\circ - 1$	0	0	$r - r \sin 157.5^\circ$	10	10		東 →	3

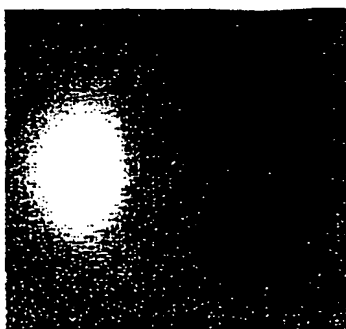
r = (マスクサイズ) / 2

□ : Don't Care

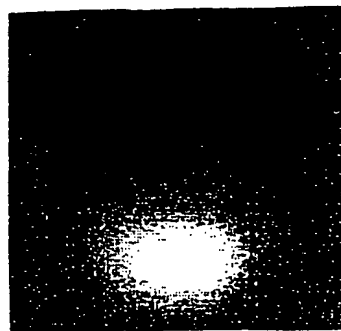
【図4】



【図12】

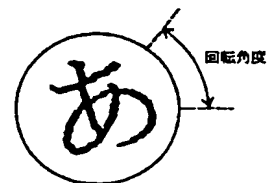


(a) 実数部



(b) 虚数部

【図26】



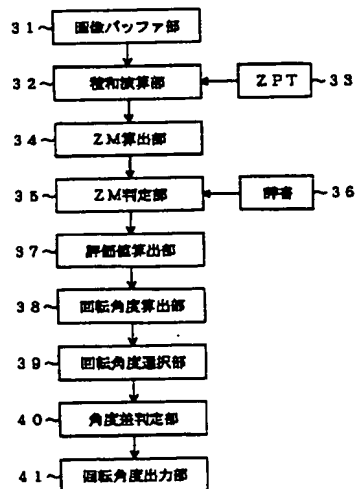
【図6】

位置	X座標			Y座標			パターン	方向	97)
	計算式	33	35	計算式	33	35			
西	$r + r \cos 180.0^\circ$	0	0	$r - r \sin 180.0^\circ$	16	17		東 →	1
西南西	$r + r \cos 202.5^\circ - 1$	0	0	$r - r \sin 202.5^\circ$	22	24		東 →	3
南西	$r + r \cos 225.0^\circ - 1$	4	4	$r - r \sin 225.0^\circ + 1$	28	30		北東 ↗	3
南南西	$r + r \cos 247.5^\circ$	10	10	$r - r \sin 247.5^\circ + 1$	32	34		北 ↑	4
南	$r + r \cos 270.0^\circ$	16	17	$r - r \sin 270.0^\circ$	32	34		北 ↑	3
南南東	$r + r \cos 292.5^\circ$	22	24	$r - r \sin 292.5^\circ + 1$	32	34		北 ↑	4
南東	$r + r \cos 315.0^\circ + 1$	28	30	$r - r \sin 315.0^\circ + 1$	28	30		北西 ↖	3
東南東	$r + r \cos 337.5^\circ + 1$	32	34	$r - r \sin 337.5^\circ$	22	24		西 ←	4

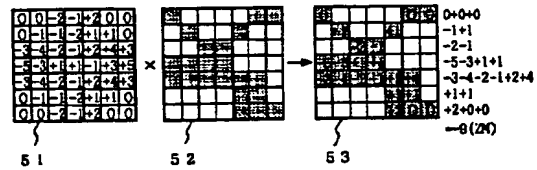
 $r = (\text{マスクサイズ}) / 2$ 

□ : Don't Care

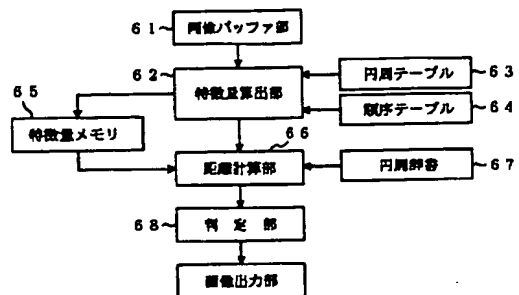
【図10】



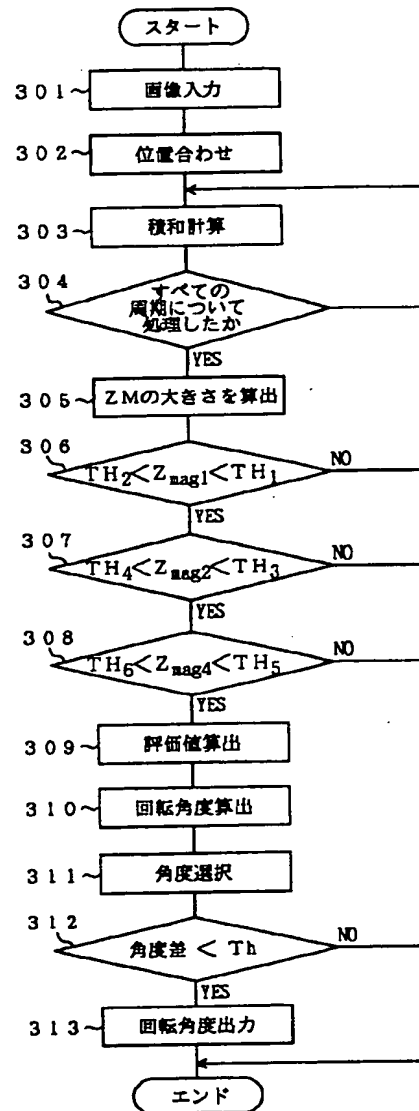
【図15】



【図17】

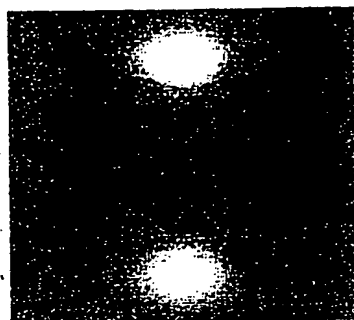


【図11】

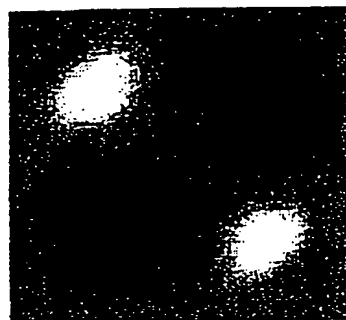




【図13】

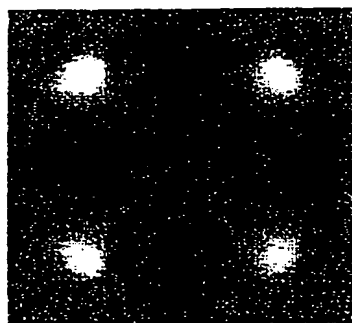


(a) 実数部

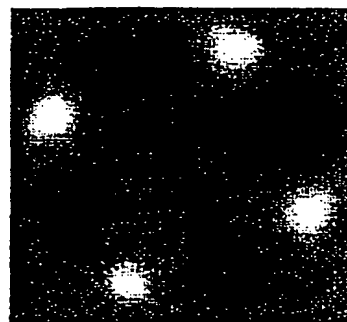


(b) 虚数部

【図14】



(a) 実数部

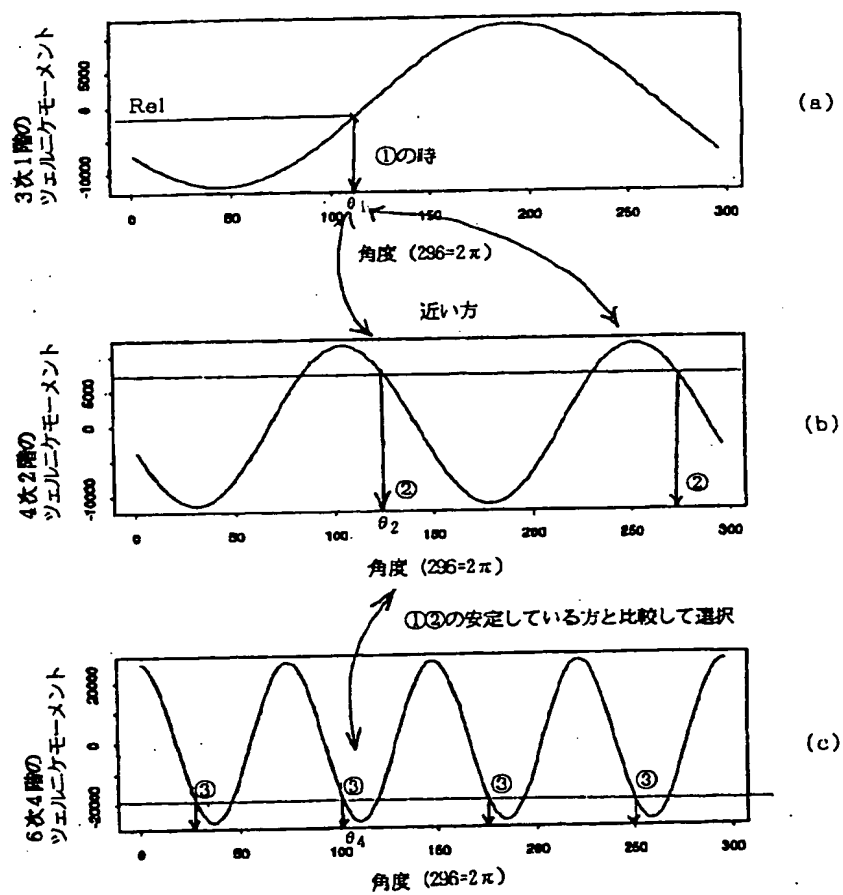


(b) 虚数部

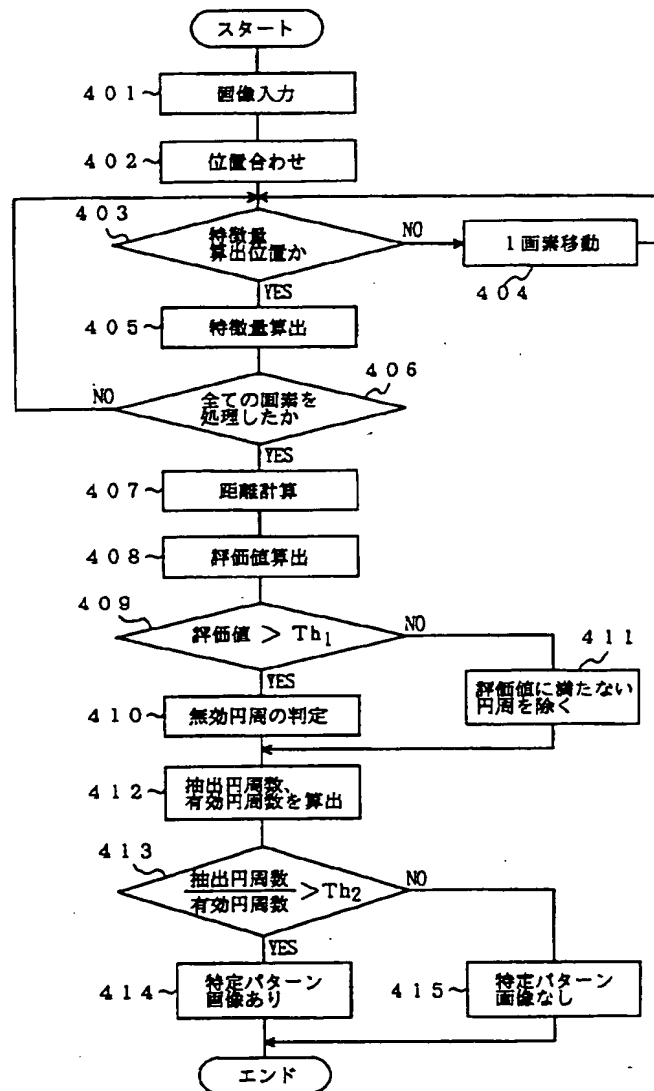
【図23】

円周番号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
半波周波数	7	16	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52
円周周波数	48	56	72	82	108	134	148	160	176	182	208	228	244	260	276	288
計算周波数	3	5	5	7	7	7	8	8	11	11	11	13	13	15	15	15

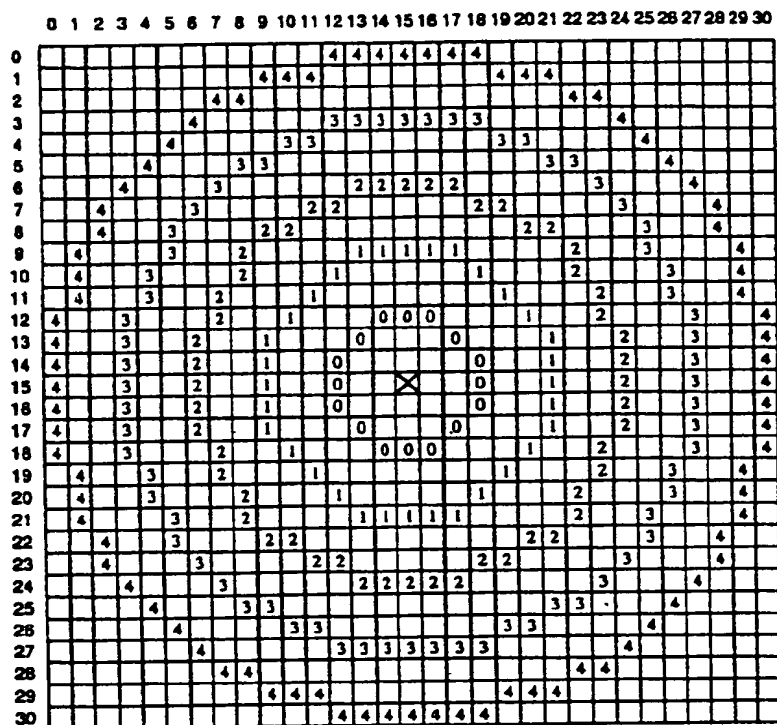
【図16】



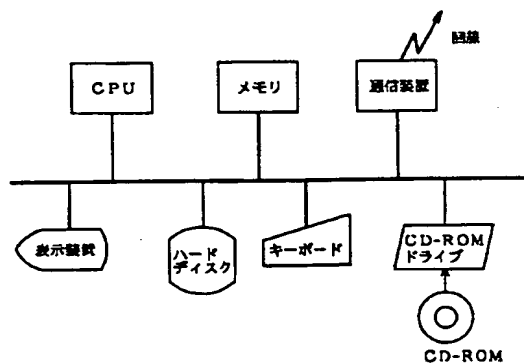
【図18】



【図19】



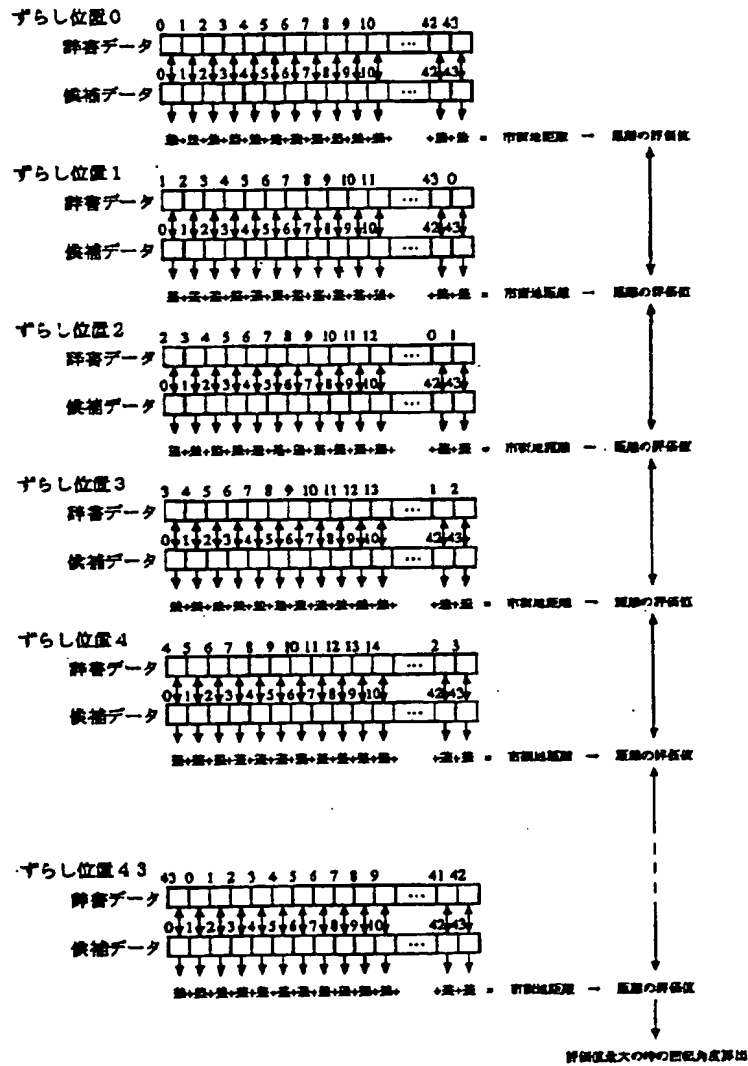
【図24】



[illegible]



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 平野 明彦  
 東京都中央区勝鬨3丁目12番1号 リコー  
 システム開発株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**